©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Pflanzenphysiologische Beiträge zur Beurteilung der biologischen, bzw. balneologischen Bedeutung der Radioaktivität der Kur von Badgastein

Von

Walter Kosmath, Laa an der Thaya, Volkmar Hartmair, Graz, und Otto Gerke, Badgastein

(Mit 7 Textfiguren)

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz und dem Physikalischen Kabinett des Bundesrealgymnasiums in Laa a. d. Thaya, 1. Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft „Badgastein")

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. April 1936)

1. Einleitung.

In der Arbeit: »Wie entstehen radioaktive Quellen?« sagt H. Mache:[1] »So bleibt heute, 30 Jahre nach seiner Entdeckung, noch immer der Gehalt an radioaktiven Stoffen als diejenige wesentliche Eigenschaft bestehen, welche die Gasteiner Thermen von anderen besonders unterscheiden. Und sind die Heilerfolge Gasteins gewiß eine Summe von verschiedenen Wirkungen, so ist doch nach allem, was wir wissen, in der Radioaktivität seiner Quellen ein Gastein spezifischer Summand zu erblicken.« In der Arbeit: »Das radioaktive Klima und das radioaktive Milieu von Badgastein, seine bioklimatische und balneologische Bedeutung«[2] wird im Schlußsatz unter III. Folgendes ausgesagt: »Auf Grund der durchgeführten Überlegungen und Überschlagsrechnungen ist anzunehmen, daß das radioaktive Höhenklima und radioaktive Milieu von Badgastein eine bioklimatische und balneologische Bedeutung hat.«

Es fehlen bisher biologische Tatsachen, welche die eben zitierten Aussagen experimentell begründen könnten. Deshalb versucht vorliegende Arbeit experimentelle Ergebnisse zu erzielen, die man vielleicht als Beiträge zur richtigen Beurteilung der radioaktiven Komponente der Kur von Badgastein ansehen darf. Diese radioaktive Komponente zerfällt in eine radioaktive Luftkomponente (Luftradonkomponente) und eine Wasserradonkomponente, wenn man von den sehr kleinen Konzentrationen der im Thermalwasser gelösten radioaktiven Salzen absieht, die nach den hier durchgeführten Rhizoiden-

---

[1] H. Mache, Badgasteiner Badeblatt, Nr. 25, 1935.

[2] Walter Kosmath und Otto Gerke, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Abt. IIa, *144*, 339, 1935.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

versuchen an *Chara fragilis* biologisch und daher auch balneologisch belanglos zu sein scheinen.

In der Tabelle I sind die Luftradondosen D und ihre mittleren Konzentrationen ρ_m vermerkt, welchen ein Kranker während einer Kur von 20 Tagen in Badgastein exponiert ist. Die ρ_m-Werte werden mit der Gleichung $\rho_m = \frac{D}{T}$ berechnet. Darin ist D die Luftradondosis und T die Kurdauer von 20 Tagen, ausgedrückt in Stunden.

Tabelle 1.

Luftradon von Badgastein.

Luftradondosis D in Aer-Stunden	Mittlere Luftradonkonzentration ρ_m in Aer
15.500	30
30.000	60
200.000	400

Nimmt ein Patient während eines Kuraufenthaltes von 20 Tagen täglich ein halbstündiges Thermalbad, so beträgt die Wasserradondosis D_w der Badekur 1000 ME.-Stunden. Dieser Wert ist ein Maximalwert, da im allgemeinen nur 33 % der Kurgäste täglich ein halbstündiges Thermalbad vertragen. Aus der Gleichung

$$D_w = \int_0^T \rho \, dt$$

ergibt sich der Wert von 1000 ME.-Stunden, wenn man für ρ 100 ME. einsetzt (Tab. 3).

Tabelle 2.

Luftradonversuche.

Luftradondosen in Aer-Stunden	Luftradonkonzentrationen in Aer
7.200	100
14.400	200
36.000	500
72.000	1000

Luft- und Wasserradonversuche mit Organismen, bei denen Dosen und Konzentrationen angewendet werden, die der Größenordnung nach bedeutend höher sind als die eben angeführten Werte für Badgastein, können nicht zu Ergebnissen führen, aus denen man richtige Schlüsse auf den biologischen, beziehungsweise balneologi-

schen Wert der radioaktiven Komponente der Kur von Badgastein ziehen kann. Direkte Experimente mit Versuchspersonen sind wegen ihrer komplizierten psychophysischen Struktur kaum zur richtigen Beantwortung der hier aufgeworfenen Frage geeignet. So scheinen erfolgreiche Versuche nur an pflanzlichen und tierischen Objekten möglich. Ergibt die Mehrzahl derartiger Versuche Effekte, so ist vielleicht der indirekte Schluß erlaubt: die radioaktive Komponente der Kur von Badgastein hat eine biologische Wirkung auf den menschlichen Organismus. Trifft dies zu, so dürfte diese radioaktive Komponente auch von balneologischer Bedeutung sein.

In dieser Arbeit wird über Versuche mit pflanzlichen Objekten berichtet, bei denen Dosen und mittlere Konzentrationen angewandt wurden, die der Größenordnung nach den Dosen und Konzentrationen von Badgastein entsprechen. In Tabelle 2 sind die Versuchsdosen

Tabelle 3.

Wasserradon der Thermalbäder von Badgastein.

Maximale Wasserradondosis in ME.-Stunden	Wasserradonkonzentration in ME.
1000	100

und ihre mittleren Konzentrationen eingetragen, die bei den Luftradonversuchen mit Samen von *Lepidium sativum* verwendet wurden. Die bei den Wasserradonversuchen mit *Chara-Rhizoiden* und Samen von *Vicia faba equina, Triticum vulgare* und *Secale cereale* verwendeten Dosen sind in Tabelle 4 eingetragen. Ein Vergleich der Werte der Tabellen 2 und 4 mit denen der Tabelle 1 und 3 zeigt, daß die Werte

Tabelle 4.

Wasserradonversuche mit Gasteiner Thermalwasser.

Radondosen in ME.-Stunden	Radonkonzentration in ME.
1. *Vicia faba equina*	
4000	165 Elisabethquelle
2. *Secale cereale*, Roggen	
2000	165 Elisabethquelle
3. *Triticum vulgare*, Weizen	
4000	320 Reissacherquelle
2000	165 Elisabethquelle
600	50 Badewasser
4. *Chara fragilis*, Armleuchteralge	
2000	165 Elisabethquelle
6000	165
12000	165

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Versuchsdosen der Größenordnung nach mit jenen von Badgastein gleich sind. Der Charakter der Versuchsdosen stimmt nicht überein mit dem einer Kur von Badgastein. So sind diese Versuchsdosen nur eine erste Annäherung an die Gasteiner Dosen. Daher dürfen aus den Ergebnissen der vorliegenden Versuche nicht zu weitgehende Schlüsse bezüglich des balneotherapeutischen Wertes der radioaktiven Komponente der Kur von Badgastein gezogen werden, vor allem dann nicht, wenn die Versuchsergebnisse negativ sind.

2. Wasserradonversuche mit Gasteiner Thermalwasser.

A. Quellungsversuche mit Vicia faba equina.

Diese Versuche sollten zeigen, ob die Samenentwicklung durch Quellung im abgekühlten natürlichen, radonhaltigen Gasteiner Thermalwasser, beziehungsweise entemanierten Thermalwasser stimuliert wird.

Methode.

Bei den vorliegenden Versuchen wurde mit *Vicia faba equina* operiert und diese in Badgastein im Hause Dr. Gerke durchgeführt. Nach den vor Beginn dieser Versuche durchgeführten Radonmessungen betrug die Aktivität der Luft im Arbeitsraum im Mittel 7 Aer und der Radongehalt der Freiluft in nächster Umgebung dieses Hauses 2 Aer,[1] Werte, die mit jenen an Orten ohne radioaktive Besonderheiten übereinstimmen. So waren die Aktivitätsverhältnisse der Freiluft und Zimmerluft des Hauses Dr. Gerke als Fehlerquellen nicht zu befürchten, zumal der Versuchsraum täglich mehrmals gelüftet wurde, so daß der mittlere Radongehalt dieses Raumes während der Versuchsperiode fast gleich dem der Freiluft war.

Die für die Versuche verwendeten Thermalwasserproben wurden der Elisabeth-Hauptquelle mit 165 ME. entnommen. Für jeden Versuch waren zwei Thermalwasserproben notwendig. Eine von diesen wurde in einer Drechsel-Waschflasche mit Hähnen aufgefangen und darin mittels einer Wasserstrahl-Luftpumpe entemaniert, die zweite Probe im Quellungsgefäß (Fig. 1) aufgenommen und dieses dann sofort mit dem Glasstift *St* luftdicht verschlossen. Die Entnahme der zweiten Probe erfolgte unter besonderen Vorsichtsmaßregeln, um ein Entweichen von Radon daraus zu verhindern. Es wurde mit drei kongruenten Quellungsgefäßen (Volumen: 250 cm^3), die mit einem zentrisch durchbohrten, paraffinierten Korkstopfen *K* verschlossen waren, operiert. Im ersten Quellungsgefäß *A* befand sich natürliches, radonhaltiges Thermalwasser, im zweiten Gefäß *B* entemaniertes Thermalwasser und im dritten Quellungsgefäß *C* entemaniertes Leitungswasser. Diese drei Glasgefäße wurden nach

[1] 1 Aer $= 1 \cdot 3 \times 10^{-16}$ Curie/cm^3.

der Probenentnahme luftdicht verschlossen 3 Stunden lang im Arbeitsraum stehen gelassen, bis das Wasser darin die Temperatur des Arbeitsraumes von 18 bis 20° C. erreichte. Der luftdichte Abschluß der drei Quellungsgefäße war durch Einführen der Glasstifte *St* in die zentrische Durchbohrung der Stopfen *K* bewirkt. Unmittelbar vor dem Einlegen der Samenproben in die Quellungsgefäße *A, B* und *C* wurden die Glasstücke *St* aus den Korkstopfen entfernt. So war während der Quellung der Samen bei einer verhältnismäßig kleinen freien Wasseroberfläche eine Verbindung mit der Luft des Arbeitsraumes vorhanden und so ein Sauerstoffmangel während der Quellung hintangehalten. Die Radonexhalation aus der kleinen freien Wasseroberfläche im Versuchsgefäß *A* mit dem natürlichen radonhaltigen Thermalwasser ist so gering, daß sie nicht als Fehler in Betracht kommt. Die Quellung dauerte 24 Stunden. Die drei Wasserproben wurden alle 12 Stunden erneuert. Nach der Quellung wurden

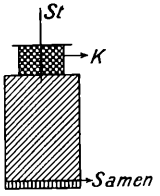
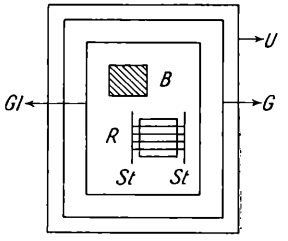
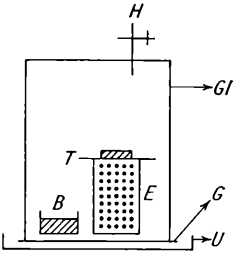


Fig. 1.



von oben gesehen
Fig. 2*a*.



von vorne gesehen
Fig. 2*b*.

die drei gequollenen Samenproben in drei kongruente Keimungsräume (Fig. 2) zur Keimung ausgelegt und 7 Tage sich im Dunkeln entwickeln gelassen. Die Keimungsräume befanden sich auf einem Tisch in der Mitte des Arbeitsraumes. Die Luft in den Keimungsräumen wurde täglich zweimal in der Früh und abends alle 12 Stunden nach vorheriger gründlicher Lüftung des Arbeitsraumes durch Abheben der parallelepipedischen Glasstürze *Gl* und darauffolgendes Schwenken derselben erneuert. Das Volumen eines Keimungsraumes beträgt 10 *l*. Auf der mit der Glasplatte *G* bedeckten Untertasse *U* aus Weißblech, die entemaniertes Leitungswasser enthält, steht der Keimlingsträger *T*. Dieser besteht aus einem zylindrischen Einsiedeglas *E* (Volumen: 1500 cm^3, Durchmesser: 11 *cm*, Höhe: 15·6 *cm*), das mit entemaniertem Leitungswasser fast bis zum oberen Rand gefüllt ist. Darauf liegt ein Glasrost *R*, der aus parallelen Glasstäbchen besteht, die in den beiden entsprechend durchlöcherten und paraffinierten Kartonstreifen *St* gefaßt sind. Auf diesen liegen die Samen. Der Abstand zwischen Glasrost und Wasseroberfläche im Einsiedeglas beträgt durchschnittlich 0·5 *cm*. In jedem Versuchsraum befindet sich ein mit konzentrierter $Ba(OH)_2$-Lösung gefülltes Glasgefäß *B* zur Absorption von CO_2. Über dem

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Keimlingsträger *T* ist der Glassturz *Gl* gestülpt, dessen Innenwände mit feuchtem Filtrierpapier bedeckt sind, dessen unterer Rand in das Wasser der Untertasse *U* eintaucht. Das Filtrierpapier wird mit entemaniertem Leitungswasser befeuchtet. Durch diese Anordnung war erreicht, daß die Luft des Keimungsraumes mit Wasserdampf gesättigt war. Die Versuchstemperatur betrug 18 bis 20° C.

Jeder Versuch wurde viermal wiederholt und nach der Versuchsdauer von 7 Tagen die Länge der oberirdischen Teile und der Wurzeln gemessen. Nebenwurzeln waren noch nicht vorhanden. Diese Versuche wurden im April 1935 durchgeführt.

Theoretische Überlegungen.

Analoge Überlegungen, wie sie in der Arbeit: »Beeinflußt der mittlere Radongehalt der Bodenluft die Samenentwicklung im Boden?«[1] angestellt wurden, ergeben bei den Quellungsversuchen mit *Vicia faba*, wenn man für die Reichweite der α-Strahlen im Wasser den Wert $0 \cdot 1$ *mm* setzt, Dosen, welche mit der Dosis *d* der eben zitierten Arbeit der Größenordnung nach übereinstimmen, die sich auf die seinerzeit durchgeführten Quarzsandversuche bezieht. Über die Dosis *d* wird dort Folgendes ausgesagt: »Die Dosis *d* dürfte wohl weit unter dem Minimalwert liegen, der notwendig ist, um die Keimung merklich zu beeinflussen.« So sind theoretisch bei den Quellungsversuchen mit *Vicia faba* im natürlichen radonhaltigen Gasteiner Thermalwasser keine Effekte zu erwarten.

Ergebnisse.

Die Tabellen I *A* und I *B* enthalten die Versuchsergebnisse mit *Vicia faba*. Daraus ersieht man, daß die Samenentwicklung von *Vicia faba* bei Quellung im abgekühlten natürlichen radonhaltigen und entemanierten Gasteiner Thermalwasser (Elisabethquelle mit 165 ME.), beziehungsweise entemanierten Leitungswasser bei einer Temperatur von 18 bis 20° C. gleich verläuft. Daraus kann geschlossen werden, daß weder das Radon samt seinen Zerfallsprodukten und die im Gasteiner Thermalwasser gelösten radioaktiven Salze noch seine anderen vom entemanierten Gasteiner Leitungswasser abweichenden chemisch-physikalischen Eigenschaften auf die einer Quellung in diesen Wässern folgende Samenentwicklung eine merkliche Stimulation ausüben.

B. Quellungsversuche mit Samen von Secale cereale (Roggen) und Triticum vulgare (Weizen).

Quellungsversuche mit diesen Samen, die analog den Versuchen mit *Vicia faba* durchgeführt wurden, bestätigen das mit *Vicia faba* erzielte Ergebnis.

[1] Walter Kosmath und Volkmar Hartmair, Protoplasma, *24*, 8, 1935.

Methode.

Die Quellung der Samen ging so wie bei den *Vicia-faba*-Versuchen vor sich. Es wurden mit *Secale cereale* und *Triticum vulgare* nicht nur Quellungsversuche mit Gasteiner Thermalwasser aus der Elisabeth-Hauptquelle mit 165 ME., sondern auch mit Thermal-

Tabelle I*A*.

Keimungsversuche mit *Vicia faba equina*.

Elisabethquelle mit 165 ME., Quellungszeit: 48 Stunden.

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C.

Versuchsdauer: 7 Tage.

Versuch	Natürliches Thermalwasser		Entemaniertes Thermalwasser		Entemaniertes Leitungswasser	
	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1	42±4	48±4	37±3	52±4	34±3	49±3
2	21±2	38±3	31±3	48±3	43±4	52±4
3	29±3	59±3	29±3	60±4	32±2	62±3
4	37±4	63±4	39±4	61±4	38±3	58±4
Gesamtmittel	32±3	52±4	34±3	55±4	37±3	55±4

wasser aus der Reissacherquelle mit 320 ME. und mit Badewasser von 50 ME. in Badgastein durchgeführt. Die Quellungszeit betrug bei diesen Samen 12 Stunden. Nach der Quellung wurden die Samen-

Tabelle I*B*.

Versuch	Mittleres Frischgewicht d. Keimlinge ohne Kotyledonen in *mg*			Mittleres Trockengewicht der Keimlinge ohne Kotyledonen in *mg*		
	Natürliches Thermalwasser	Entemanier. Thermalwasser	Entemanier. Leitungswasser	Natürliches Thermalwasser	Entemanier. Thermalwasser	Entemanier. Leitungswasser
1	370±25	350±25	340±20	28±2	26±2	27±2
2	450±25	440±20	440±30	36±2	38±3	36±3
3	419±27	423±28	355±25	39±3	39±3	33±2
4	331±24	377±25	388±24	30±2	38±3	33±3
Gesamtmittel	393±30	398±30	381±30	33±3	35±3	32±2

proben in parallelepipedischen vorne offenen Keimungsräumen aus Glas (Volumen: 3 *l*) auf feuchtem Filtrierpapier *F* ausgelegt (Fig. 3). Die Innenwände der Keimungsräume waren mit nassem Filtrierpapier bedeckt. Das Filtrierpapier wurde mit entemaniertem Leitungswasser

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

befeuchtet. *B* ist eine Schale mit gesättigtem $Ba(OH)_2$-Wasser zur Absorption von CO_2. *G* ist eine Glasplatte, die auf den mit Vaselinum flavum americanum viscosum bestrichenen Vorderrand des Keimungsraumes luftdicht aufgedrückt ist. Die Luft der Keimungsräume wurde alle 12 Stunden nach sorgfältiger Lüftung des Arbeitsraumes erneuert. Zu diesem Zwecke wurde zunächst die Glasplatte *G* vom Keimungsraum entfernt und dann mittels eines Gummihandgebläses Luft in die Keimungsräume 5 Minuten lang geblasen. Hier-

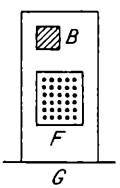


Fig. 3.

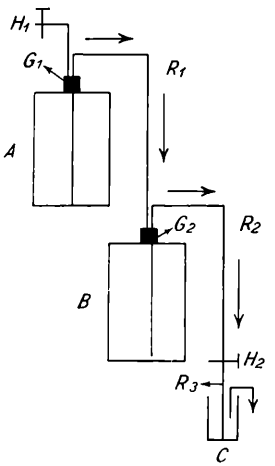


Fig. 4.

auf wurden die Keimungsräume mit den Glasplatten wieder luftdicht verschlossen. Die Samenentwicklung ging bei einer Temperatur

Tabelle II.

Keimungsversuche mit *Secale cereale* (Roggen).

Elisabethquelle mit 165 ME., Quellungszeit: 12 Stunden.
Versuchstemperatur: 18° bis 20° C.
Versuchsdauer: 4 Tage.

Versuch	Natürliches Thermalwasser		Entemaniertes Thermalwasser		Entemaniertes Leitungswasser	
	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1	21±2	31±3	34±4	42±4	28±3	34±3
2	23±2	34±3	35±4	42±4	27±3	33±3
3	29±3	36±3	31±4	38±4	29±3	35±3
4	33±3	38±4	31±3	38±4	29±3	34±3
Gesamtmittel	27±2	35±3	33±3	40±3	28±2	34±2

von 18 bis 20° C. im Dunkeln vor sich. Jeder Versuch dauerte 4 Tage und wurde viermal wiederholt. Am Ende jedes Versuches wurden die oberirdischen Teile und Wurzeln der Keimlinge gemessen. Diese Versuche wurden im September 1935 durchgeführt.

Tabelle III.

Keimungsversuche mit *Triticum vulgare* (Weizen).

Elisabethquelle mit 165 ME., Quellungszeit: 12 Stunden.

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C.

Versuchsdauer: 4 Tage.

Versuch	Natürliches Thermalwasser		Entemaniertes Thermalwasser		Entemaniertes Leitungswasser	
	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1	30±3	42±4	34±3	46±5	23±2	34±4
2	34±3	51±5	33±3	45±5	23±2	38±4
3	27±3	42±4	34±3	46±4	26±3	45±4
4	30±3	46±4	33±3	46±4	25±3	45±4
Gesamtmittel	30±3	45±4	33±3	46±3	24±3	40±4

Ergebnis.

Die Versuchsergebnisse mit *Secale cereale* und *Triticum vulgare* sind in den Tabellen II bis V vermerkt. Diese Resultate stimmen überein mit dem Ergebnis der Versuche mit *Vicia faba equina* (Tab. I.).

Tabelle IV.

Keimungsversuche mit *Triticum vulgare* (Weizen).

Badewasser mit 50 ME., Quellungszeit: 12 Stunden.

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C.

Versuchsdauer: 4 Tage.

Versuch	Natürliches Badewasser		Entemaniertes Badewasser		Entemaniertes Leitungswasser	
	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1	4·6±0·4	15±1·4	4·1±4	14±1·2	4·2±0·4	13±1·3
2	4·1±0·4	13±1·2	4·2±4	14±1·3	4·1±0·4	13±1·2
Gesamtmittel	4·4±0·3	14±1·0	4·2±3	14±1·0	4·2±0·3	13±0·9

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle V.

Keimungsversuche mit *Triticum vulgare* (Weizen).

Reissacherquelle mit 320 ME., Quellungszeit: 12 Stunden.
Versuchstemperatur: 18° bis 20° C.
Versuchsdauer: 4 Tage.

Versuch	Natürliches Thermalwasser		Entemaniertes Thermalwasser		Entemaniertes Leitungswasser	
	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdisch. Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1	4·3±0·4	15±1·5	5·4±0·5	16±1·6	4·2±0·4	14±1·3
2	4·4±0·4	15±1·5	5·6±0·5	15±1·5	4·1±0·4	14±1·2
Gesamtmittel	4·4±3	15±1·3	5·5±0·4	15±1·3	4·2±0·4	14±1·2

C. Versuche mit Chara fragilis.

Da die Quellungsversuche mit Samen negativ ausgefallen sind, schien es von großem Interesse, Versuche mit Rhizoiden von *Chara fragilis* durchzuführen. Es wurde untersucht, ob die Geschwindigkeit der Plasmaströmung in den *Chara*-Rhizoiden durch die Radioaktivität des Gasteiner Thermalwassers und seine chemische Zusammensetzung geändert wird. Diese Rhizoidenversuche wurden ebenfalls in Badgastein im September 1935 durchgeführt.

Methode.

Die bei den vorliegenden Messungen der Strömungsgeschwindigkeit des Plasmas verwendete Versuchsanordnung ist in Fig. 4 schematisch skizziert. Die beiden kongruenten Glasflaschen A und B mit einem Volumen von je 10 Liter (Höhe: 32 *cm*, Durchmesser: 20 *cm*) sind mit abgekühltem natürlichem, radonhaltigem Gasteiner Thermalwasser der Elisabeth-Hauptquelle mit 165 ME. zu Versuchsbeginn vollgefüllt. R_1 und R_2 sind Glasröhren, G_1 und G_2 sind Gummistopfen. Ein kurzes Gummischlauchstück verbindet R_2 mit R_3. H_2 ist ein Schraubenquetschhahn, der zur Regulierung der Strömungsgeschwindigkeit des Thermalwassers dient. Die Versuchspflanzen befinden sich im prismatischen Glasgefäß C (Volumen: 220 cm^3, Höhe: 15 *cm*, Breite und Länge je 4·5 *cm*). Zu Versuchsbeginn werden die Hähne H_1 und H_2 geöffnet, am unteren Ende des Rohres R_3 das Thermalwasser angesaugt und das Ende sofort in das leere Versuchsgefäß C so eingeführt, daß dieses den Boden von C fast berührt. Die Versuchspflanzen werden in dem Augenblick in das Gefäß C eingebracht, in dem das Thermalwasser den oberen Rand von C zu überfließen beginnt. Für die parallellaufenden Versuche mit entemaniertem Thermalwasser und entemaniertem

Leitungswasser wird die in Fig. 5 skizzierte Anordnung benützt. Darin bedeuten die Buchstaben dasselbe wie in Fig. 4. Die drei kongruenten Versuchsgefäße *C* mit den drei *Chara*-Proben, welche im Zeitpunkte des Versuchsbeginnes gut entwickelte Rhizoiden zeigten, waren über einem Waschbecken montiert, wohin das aus den Versuchsgefäßen *C* abfließende Wasser gelangte. Die Rhizoiden wurden durch mehrtägiges Belassen der *Chara* in langsam strömendem Leitungswasser gezogen.

Die Entnahme der Thermalwasserproben für den Versuch mit natürlichem, radonhaltigem Gasteiner Wasser ging so vor sich, daß ein Entweichen des Radon bei der Füllung der 10-Liter-Flaschen *A* und *B* (Fig. 4) praktisch unmöglich war. Die Anfüllung jeder Flasche dauerte 5 Minuten und wurde unter besonderen Vorsichtsmaßregeln durchgeführt. Diese wurden bei der Füllung der Flaschen für den Versuch mit entemaniertem Gasteiner Wasser nicht beachtet. Die Entemanierung des Thermalwassers erfolgte in einem vom Versuchsraum entfernt liegenden Raum mittels einer Wasserstrahl-Luftpumpe. Dort wurde auch das Leitungswasser entemaniert. Die für die drei parallellaufenden Versuche nötigen vier Flaschen wurden hierauf mit dem entsprechenden Wasser gefüllt in den Arbeitsraum gestellt und dort luftdicht verschlossen stehengelassen, bis das Wasser in allen vier Flaschen dieselbe Temperatur des Arbeitsraumes von 19° C. hatte. Mit den Versuchen wurde 4 Stunden nach der Probeentnahme begonnen. Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers war in allen drei parallelen Versuchen gleich und betrug 12 *cm³/min*. Der Rhizoidenversuch dauerte 3 Tage. Alle 12 Stunden wurden entsprechende neue Wasserproben in die Versuchsanordnungen eingeschaltet. Beim Versuch mit natürlichem, radonhaltigem Gasteiner Wasser wird durch das in der Flasche *A* befindliche Thermalwasser eine Aktivitätsänderung des Thermalwassers während des Versuches auf ein Minimum reduziert. Die Versuche wurden im fließendem Wasser durchgeführt, um die Versuchsbedingungen für *Chara* möglichst günstig zu gestalten und weiterhin, um eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des Wassers zu verhindern. Mit der Messung der Strömungsgeschwindigkeit des Plasmas in den Rhizoiden wurde unmittelbar nach Beginn des Versuches eingesetzt und diese erfolgte unter Verwendung ausgeschliffener Objektträger, wodurch ein mechanischer Druck auf das Versuchsobjekt nicht stattfinden konnte, stets in demselben Wasser, aus dem die zu untersuchenden Rhizoiden entnommen wurden.

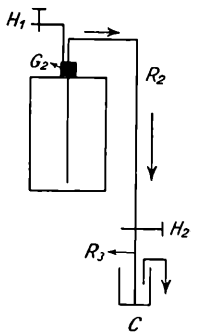


Fig. 5.

Ergebnis.

Das Ergebnis der *Chara*-Rhizoidenversuche ist aus der Tabelle VI zu entnehmen. Danach beeinflußt weder das Radon samt seinen

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zerfallsprodukten und die im Gasteiner Thermalwasser (Elisabethquelle mit 165 ME.) gelösten radioaktiven Salze noch seine nicht radioaktiven chemischen Eigenschaften die Geschwindigkeit der Plasmaströmung in den Rhizoiden von *Chara fragilis*. Dieses Ergebnis ist auf Grund ähnlicher Überlegungen, wie sie für die Quellungsversuche an Samen angestellt wurden, verständlich.

Nach den Anschauungen von Stoklasa[1] und seinen Mitarbeitern hätten sich bei den hier durchgeführten Wasserradonversuchen Effekte einstellen müssen.

Tabelle VI.

Messung der Strömungsgeschwindigkeit des Cytoplasmas an Rhizoiden von *Chara fragilis*.

Elisabethquelle mit 165 ME., Versuchstemperatur: 19° C.

Versuchsdauer: 3 Tage.

Strömungsgeschwindigkeit in relativen Einheiten.

Versuch	Natürliches Thermalwasser	Entemaniertes Thermalwasser	Entemaniertes Leitungswasser
1	7·4±0·6	6·0±0·5	5·2±0·5
2	6·3±0·5	5·5±0·5	5·2±0·4
3	7·3±0·6	—	4·7±0·4
4	5·0±0·5	5·3±0·5	4·8±0·4
5	5·5±0·5	5·0±0·4	5·9±0·5
6	7·2±0·6	5·5±0·4	6·1±0·5
7	3·5±0·3	4·2±0·4	3·6±0·3
8	6·0±0·5	4·0±0·4	5·0±0·4
9	4·4±0·4	4·0±0·3	3·2±0·3
Gesamtmittel	5·3±0·4	5·0±0·4	4·9±0·4

Jeder in der Tabelle VI vermerkte Wert für die Strömungsgeschwindigkeit ist ein Mittelwert aus fünf verschiedenen Rhizoiden. Versuch 1, 2 und 3 bezieht sich auf die ersten 12 Stunden, Versuch 4, 5 und 6 auf die folgenden 24 Stunden und die Versuche 7, 8 und 9 auf die letzten 36 Stunden.

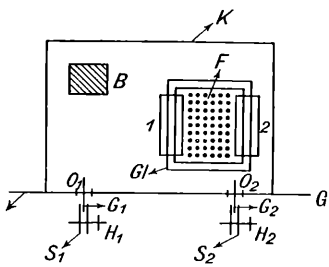
3. Luftradonversuche mit Lepidium sativum.

Ob das radioaktive Milieu von Badgastein eine balneologische Bedeutung hat, ist noch fraglich. Es fehlt eine experimentelle Tatsache, aus der man die Beantwortung obiger Frage mit Ja ableiten könnte. Eine solche Tatsache sollte durch die vorliegenden Luftradonversuche erzielt werden. Ein Vergleich der verwendeten Versuchsdosen und Konzentrationen mit jenen von Badgastein wurde bereits in der Einleitung dieser Arbeit durchgeführt.

[1] J. Stoklasa, Biologie des Radiums und Uraniums, I. Verlag Paul Parey, Berlin, 1932.

Methode.

Bei den Luftradonversuchen mit *Lepidium sativum,* worüber hier berichtet wird, werden die Samen nach 7stündiger Quellung in entemaniertem Leitungswasser der Stadt Laa an der Thaya (Temperatur: 20° C.) in parallelepipedischen, luftdicht verschließbaren, vorne offenen Keimungsräumen K (Fig. 6) (Breite: 19 *cm*, Höhe: 10 *cm*, Tiefe: 16 *cm*) aus Glas mit einem Luftvolumen von 3 *l* auf feuchtem Filtrierpapier F 3 Tage lang sich entwickeln gelassen. Es wurde gleichzeitig mit sechs kongruenten Keimungsräumen gearbeitet. Die Innenwände derselben sind mit nassem Filtrierpapier bedeckt. Das Filtrierpapier F mit den Samen und dasselbe der Innenwände wurde mit entemaniertem Leitungswasser befeuchtet. In jedem Keimungsraum befindet sich zur Absorption von CO_2 eine Glasschale B mit gesättigter $Ba(OH)_2$-Lösung. Das Filtrierpapier F mit den Samen überdeckt die rechteckige Glasplatte *Gl* (Länge: 13 *cm*, Breite: 11 *cm*), die auf den Glasschalen 1 und 2 aufliegt. Die Glasschalen 1 und 2 enthalten entemaniertes Leitungswasser, in welches je ein Filtrierpapierstreifen des Filtrierpapieres F eintaucht. G ist eine rechteckige Glasplatte (Länge: 22 *cm*, Breite: 15 *cm*), die auf den Vorderrand des Keimungsraumes K, der mit Vaselinum flavum americanum viscosum bestrichen ist, luftdicht aufgedrückt ist. In diese Glasplatte G sind zwei kleine kreisförmige Öffnungen O_1 und O_2 gebohrt. Die eine Öffnung O_1 befindet sich in der linken unteren Ecke und die andere O_2 in der Ecke rechts oben. In diese Bohrungen O_1 und O_2 sind mit Alabastergips die Glasröhren G_1 und G_2 luftdicht eingegipst. Die Gipsstellen sind mit Paraffin überstrichen. An den äußeren Enden der beiden Röhren G_1 und G_2 sind kurze Gummischlauchstücke S_1 und S_2 mit je einem Quetschhahn H_1 und H_2 angesteckt.



von oben gesehen

Fig. 6.

Die Keimungsversuche wurden in einem mit einem Dauerbrandofen geheizten Arbeitsraum in der Villa Aulinger, Laa an der Thaya im November 1935 durchgeführt. Der Radongehalt der Luft im Arbeitsraum war normal. Die Lufttemperatur betrug darin 17° bis 20° C. Die sechs Keimungsräume waren auf einem Holztisch in der Mitte des Arbeitsraumes aufgestellt und während der Versuche mit einem dichtgewebten schwarzen Tuch überdeckt. Die Samenentwicklung ging somit im Dunkeln vor sich. Um einen Sauerstoffmangel in den Keimungsräumen während der Samenentwicklung auszuschließen, wurde die Luft der Keimungsräume während der Versuche alle 12 Stunden erneuert. Zu diesem Zwecke wurden zuvor die Fenster und die Tür des Arbeitsraumes geöffnet, um den Arbeitsraum gründlich zu lüften. Dann wurden die Fenster

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und die Tür desselben wieder geschlossen und nach 10 Minuten, in welchem Zeitpunkt die Lufttemperatur wieder 17° C. erreicht hatte, mit der Durchlüftung der Keimungsräume begonnen. Durch jeden Keimungsraum wurde mittels eines Gummihandgebläses 5 Minuten lang ein kräftiger Luftstrom hindurchgeblasen. Während dieser Manipulation wurde jedesmal die Dichtigkeit der Keimungsräume mit dem Gummihandgebläse überprüft und niemals eine Undichtigkeit festgestellt. In die Keimungsräume mit den Versuchssamen wurden aus Drechselwaschflaschen mit Hähnen (Volumen: 300 cm^3) die für die Versuche nötigen Radonmengen durch einen Kreisstrom (Strömungsgeschwindigkeit: 5 *l/min*) von einer Minute übergeführt. Die nötigen Radonmengen wurden in den Drechselwaschflaschen innerhalb 10, beziehungsweise 20 Minuten von 11, 22 und 55 *g* trockenen Reissacheritproben produziert. Die Radonexhalation des verwendeten Reissacherits beträgt $3 \cdot 3 \times 10^{-13}$ Curie pro Gramm in einer Minute, sein Radiumgehalt nach Alfred Weber[1] 3700×10^{-12} *g* Ra pro Gramm Reissacherit. So wurden in den Keimungsräumen die gewünschten Luftradonkonzentrationen von 100,

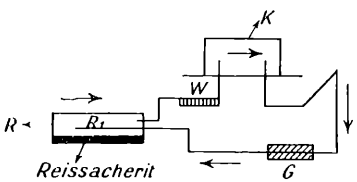


Fig. 7.

200, 500 und 1000 Aer erreicht. In Fig. 7 ist *G* ein Gummihandgebläse, *W* ein Wattefilter, worin der vom Luftstrom mitgeführte Reissacheritstaub aufgefangen wird. Um die Reissacheritstaubentwicklung in der Drechselwaschflasche *R* auf ein Minimum zu halten, ist die Reissacheritflasche *R* im Kreis (Fig. 7) so montiert, daß ihre Achse horizontal verläuft und der Reissacherit in ihr entsprechend Fig. 7 von der Mündung des Rohres R_1 weggelagert ist, was durch Neigen und Klopfen der Reissacheritflasche vor der Einschaltung in den Kreis (Fig. 7) erreicht wird. Vor der Überführung des Radon in die Versuchsräume mit Schaltung Fig. 7 wird die Reissacheritflasche kräftig geschüttelt und dann 30 Sekunden lang ein kräftiger Freiluftstrom mit einem Gummihandgebläse hindurchgeblasen. Auch bei dieser Manipulation wird eine Reissacheritstaubentwicklung mit den früher erwähnten Vorsichtsmaßregeln vermieden. Dann wird die entemanierte Reissacheritflasche luftdicht verschlossen und 9, beziehungsweise 19 Minuten stehen gelassen. In diesem Zeitpunkt wird sie dann wieder kräftig geschüttelt, nachher sofort in den Kreis Fig. 7 geschaltet und ein Kreisstrom von einer Minute unter-

[1] Alfred Weber, Akad. Anzeiger Nr. 26, 1935, d. Akad. d. Wiss. in Wien, »Neue Beobachtungen über dem Radiumgehalt des Quellsediments Reissacherit der Thermen von Badgastein.«

halten, um das Radon aus der Flasche in den Versuchsraum überzuführen. Es wurde mit fünf Reissacheritflaschen operiert. So war es leicht, es so einzurichten, daß alle 12 Stunden nach der Durchlüftung der Keimungsräume die nötigen Radonmengen für die Keimungsräume mit den Versuchssamen zur Verfügung standen. Die Durchlüftung und Aktivierung der Keimungsräume alle 12 Stunden beanspruchte rund 1·5 Stunden. Um zu vermeiden, daß vielleicht Radon bei der Durchlüftung aus den Versuchsräumen in die Keimungsräume mit den Kontrollkeimlingen gelangt, wurden bei der Lüftung der Keimungsräume zuerst die Vergleichsräume gelüftet. Nach jeder Durchlüftung eines Keimungsraumes wurde derselbe sofort luftdicht verschlossen.

Tabelle VII.

Luftradonversuche mit *Lepidium sativum* (Gartenkresse).

Versuchstemperatur 18° bis 20° C., Versuchsdauer: 3 Tage.
Luftradonkonzentration: 100 Aer, Luftdosis: 7200 Aer Stunden.

	Versuchskeimlinge		Kontrollkeimlinge	
	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1.	10·5±1·0	17·0±1·2	10·8±0·8	17·2±1·0
2.	11·3±0·7	15·3±1·3	11·2±0·9	14·5±0·8
3.	11·2±0·8	15·5±1·2	11·4±1·0	14·2±1·0
4.	11·5±0·7	14·0±0·8	12·0±0·6	14·3±1·2
Gesamtmittel	11·1±0·5	15·5±0·5	11·3±0·4	15·0±0·6

Es wurden folgende Versuche durchgeführt:

Versuch 1 Samenentwicklung in 100 Aer durch 3 Tage.
Dosis: 7200 Aer Stunden.
Versuch 2: Samenentwicklung in 200 Aer durch 3 Tage.
Dosis: 14.400 Aer Stunden.
Versuch Samenentwicklung in 500 Aer durch 3 Tage.
Dosis: 36.000 Aer Stunden.
Versuch 4: Samenentwicklung in 1000 Aer durch 3 Tage.
Dosis: 72.000 Aer Stunden.

Jeder Versuch wurde mit je 80 Samen viermal wiederholt und am Ende des Versuches die Längen der oberirdischen Teile und der Wurzeln gemessen.

Ergebnis.

In den Tabellen VII bis X sind die Versuchsergebnisse vermerkt. Daraus ersieht man, daß die Versuchskeimlinge gegenüber den Kontrollkeimlingen keine Unterschiede zeigen. Somit beeinflußt

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ein Luftradon von 100, 200, 500 und 1000 Aer und einer Dosis von 7200, 14.400, 36.000 und 72.000 Aer Stunden die Samenentwicklung der Samen von *Lepidium sativum* nicht.

Nach Stoklasa[1] und seinen Mitarbeitern wären bei den Luftradonversuchen Effekte zu erwarten gewesen.

Tabelle VIII.

Luftradonversuche mit *Lepidium sativum* (Gartenkresse).

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C. Versuchsdauer: 3 Tage.

Luftradonkonzentration: 200 Aer. Luftdosis: 14.000 Aer Stunden.

	Versuchskeimlinge		Kontrollkeimlinge	
	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1.	10·4±1·0	18·5±1·3	10·8±0·8	17·0±1·4
2.	11·3±0·8	15·2±1·2	12·0±0·7	14·0±1·0
3.	11·2±0·9	15·7±1·4	12·0±0·9	14·0±1·3
4.	11·5±0·5	14·0±1·0	11·5±0·8	14·2±1·2
Gesamtmittel	11·4±0·5	15·8±0·5	11·6±0·5	15·0±0·7

Tabelle IX.

Luftradonversuche mit *Lepidium sativum* (Gartenkresse).

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C. Versuchsdauer: 3 Tage.

Luftradonkonzentration: 500 Aer. Luftdosis: 36.000 Aer Stunden.

	Versuchskeimlinge		Kontrollkeimlinge	
	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1.	11·6±0·6	14·2±1·2	12·0±1·0	14·5±0·9
2.	11·7±0·8	14·0±1·0	11·8±1·3	14·2±1·0
3.	12·0±0·9	17·0±1·3	10·8±0·6	17·1±1·3
4.	9·1±0·6	17·2±1·1	10·2±0·8	16·5±0·9
Gesamtmittel	11·1±0·5	15·6±0·8	11·2±0·5	15·6±0·4

Nebenbei bestätigt und erweitert das hier erzielte Ergebnis das Resultat der Arbeit: »Beeinflußt der mittlere Radongehalt der Bodenluft die Samenentwicklung im Boden«.[2]

[1] J. Stoklasa, Biologie des Radiums und Uraniums, I. Verlag Paul Parey, Berlin, 1932.

[2] W. Kosmath und V. Hartmair, Protoplasma, *24*, 8, 1935.

Tabelle X.

Luftradonversuche mit *Lepidium sativum* (Gartenkresse).

Versuchstemperatur: 18° bis 20° C., Versuchsdauer: 3 Tage.
Luftradonkonzentration: 1000 Aer. Luftdosis: 72.000 Aer Stunden.

	Versuchskeimlinge		Kontrollkeimlinge	
	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*	Länge der oberirdischen Teile in *mm*	Länge der Wurzeln in *mm*
1.	12·4±1·0	17·5±1·3	12·4±1·2	18·4±1·2
2.	12·8±0·9	19·5±1·4	12·2±1·0	18·3±1·0
3.	12·8±0·6	18·1±1·1	11·8±0·6	18·0±1·3
4.	12·1±0·7	19·0±1·2	12·1±0·8	18·5±1·0
Gesamtmittel	12·5±0·6	18·5±0·7	12·1±0·4	18·6±0·8

4. Die balneologische Bedeutung der Radioaktivität der Kur von Badgastein.

Aus den negativen Resultaten der an pflanzlichen Objekten durchgeführten Versuche mit Wasser- und Luftradon, die experimentelle biologische Tatsachen ergeben sollten, welche die balneologische Bedeutung der Radioaktivität von Badgastein begründen, darf man vielleicht folgendes schließen: Die Wasserradondosen und Konzentrationen sowie die der anderen radioaktiven Substanzen der Thermalbäder von Badgastein und die Luftradondosen und Konzentrationen des radioaktiven Milieus von Badgastein dürften unter den Minimalwerten liegen, bei denen ein biologischer Effekt beginnt. So ist es nicht sehr wahrscheinlich, daß die Radioaktivität ein ausschlaggebender Heilfaktor von Badgastein ist.

Wäre die Radioaktivität von Badgastein ein ausschlaggebender Kurfaktor, so müßten Versuche mit Radondosen und Konzentrationen, die jenen von Badgastein entsprechen, unter den verschiedensten Bedingungen Effekte zeigen. Es hätten sich demnach bei den vorliegenden Versuchen Stimulationen oder Hemmungen einstellen sollen. Da dies nicht zutrifft, so kann man der radioaktiven Komponente der Badgasteiner Kur nur einen nebensächlichen balneologischen Wert beimessen.

Es ist durch die Ergebnisse von Versuchen, die in den letzten Jahren unter St. Meyer[1] im Wiener Radiumforschungsinstitut an Versuchspersonen durchgeführt wurden, »physikalich« gesichert, daß bei Radonbädern die Inhalation der radonhältigen Luft weitaus im Vordergrund steht. Der Resorption des Radons durch die Haut scheint trotz moderner Experimente mit gegenteiligem Ergebnis nur eine untergeordnete Rolle zuzukommen. Das negative Ergebnis der vorliegenden Wasserradonversuche mit Gasteiner Thermalwasser

[1] St. Meyer, Badgasteiner Badeblatt 1935, 9—11.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kann vielleicht als erster biologischer Beweis dafür angesehen werden, daß weder das Radon samt seinen Zerfallsprodukten noch die in den Gasteiner Thermalbädern gelösten radioaktiven Salze balneotherapeutisch von Bedeutung sein können.

Daraus ergibt sich der Schluß, daß in Badgastein nur das Radon in der Luft der Badekabinen, in der Zimmerluft der Kurhäuser, im Naturdunstbad, in den Quellenstollen und in der Freiluft einen therapeutischen Wert haben könnte, der in einer früheren Arbeit[1] auf Grund physikalischer Meßergebnisse, theoretischer Überlegungen und Berechnungen angenommen wurde. Diese Annahme kann nur durch geeignete Tierversuche mit Säugetieren, z. B. Kaninchen oder Meerschweinchen, experimentell überprüft werden, da bei diesen Tieren die Luftradonresorption mit der im menschlichen Organismus prinzipiell übereinstimmt. Dem negativen Ergebnis der Luftradonversuche mit *Lepidium sativum* kommt keine volle Beweiskraft zu, weil der Stoffwechsel und die Atmung der Pflanze gegenüber diesen Vorgängen im menschlichen Organismus zu sehr verschieden sind.

Nach einer Radoninhalation ist Radon im Blut der Versuchsperson nachweisbar. Das im Blut absorbierte Radon verschwindet relativ rasch aus demselben, wenn sich die Versuchsperson nach der Inhalation in einen radonarmen Raum begibt. Ein Einfluß des Radons auf das Blut, beziehungsweise Knochenmark ist aus theoretischen Überlegungen und praktischen Ergebnissen in Badgastein nicht anzunehmen. Bei morphologischen Blutuntersuchungen mit Einbeziehung der Reticulocyten konnte Gerke[2] in Badgastein nur Veränderungen finden, die durch das Höhenklima allein erklärbar sind.

Man könnte sich demnach eine Einwirkung des Luftradons bei einer Badgasteiner Kur nur folgendermaßen vorstellen: Durch Inhalation gelangt das Radon in die Lunge. Dort könnten die Strahlen der Radonatome und die an die Bronchialschleimhaut abgelagerten Zerfallsprodukte durch ihre Strahlung auf die reichlich vorhandenen Nervengeflechte und Gefäße einen Reiz ausüben. Durch den kleinen Kreislauf gelangt das Radon in den großen Kreislauf und in die Peripherie. Trotz kleinster Dosen könnte es hierbei zu einer Beeinflussung der vegetativen Zentren und des damit gekoppelten endocrinen Systems kommen, besonders dann, wenn eine erhöhte Reizbarkeit dieser Systeme vorhanden ist. Unter den natürlichen Radiumbädern nimmt Badgastein eine Sonderstellung ein, da es im Gebirgsklima liegt. Sowohl durch das Höhenklima (Brehme und György[3]) als durch gewöhnliche Bäder (Glaser, Stahl[4]) kommt

[1] Kosmath W. und Gerke O., Das radioaktive Klima und das radioaktive Milieu von Badgastein, seine bioklimatische und balneologische Bedeutung. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Abt. IIa, *144*, Heft 5 und 6, 1935.

[2] Gerke O., Das Verhalten der roten Blutkörperchen, insbesondere der Reticulocyten in 1000 *m* Seehöhe. Zeitschr. f. klin. Med., 128. Bd., Heft 6, 1935.

[3] Brehme und György, Biochem. Zeitschr., *186*, 1927.

[4] Neue deutsche Klinik, I, p. 729.

es zu einer Änderung in der Gleichgewichtslage und zu einer erhöhten Ansprechbarkeit des vegetativen Nervensystems. Es wäre möglich, daß diese beiden gegebenen Faktoren eine sensibilisierende Wirkung auch für das Luftradon ergeben. Die klinischen Beobachtungen, insbesondere die in Badgastein in besonderer Stärke und Häufigkeit auftretenden Allgemein- und Lokalreaktionen, die sich in Schmerzsteigerung, Schlafstörungen, Müdigkeit und selbst erhöhten Temperaturen zeigen, führen mangels anderer Erklärungen trotz aller Skepsis immer wieder auf das Radon zurück, selbst dann, wenn ein Mißverhältnis zwischen exakter Deutung auf Grund wissenschaftlich biologischer Ergebnisse und den klinischen und empirischen Beobachtungen bestehen bleibt. Die verschiedene Empfindlichkeit einzelner Organsysteme gegen intimste Strahlenwirkungen ist auch noch nicht genügend erforscht.

Zusammenfassend erhält man folgendes Ergebnis: Die Radioaktivität im Wasser der Gasteiner Thermalbäder — das Wasserradon — und die darin gelösten radioaktiven Salze sind höchstwahrscheinlich balneologisch irrelevant. Eine Luftradonwirkung in der Kur von Badgastein ist immerhin noch möglich, trotzdem das Luftradon von Badgastein, aus dem Gesamtkomplex getrennt an pflanzlichen Objekten untersucht, biologisch unwirksam erscheint.

Ob Badgastein balneologisch als »Warmbad im Gebirgsklima« hinreichend gekennzeichnet ist, oder ob das Wort »radioaktiv« zur Charakterisierung unbedingt notwendig ist, werden erst geeignete Tierversuche entscheiden können.

Die Radioaktivität der Badgasteiner Kur dürfte nicht der Hauptfaktor, sondern bestenfalls nur ein Nebenfaktor im Komplex der Thermalbäder- und Klimawirkung von Badgastein sein.

Was hier über die balneotherapeutische Bedeutung der Radioaktivität von Badgastein ausgesagt wird, dürfte auch für die anderen natürlichen Radiumbäder gelten.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wird über Versuche an pflanzlichen Objekten berichtet, die zeigen sollten, ob die Radioaktivität einer Kur von Badgastein biologisch, beziehungsweise balneologisch von Bedeutung ist.

Aus den negativen Resultaten dieser Versuche wird der folgende Schlußsatz über die Radioaktivität von Badgastein abgeleitet:

Die Radioaktivität der Kur von Badgastein dürfte nicht der Hauptfaktor, sondern bestenfalls nur ein Nebenfaktor im Komplex der Bäder- und Klimawirkung von Badgastein sein.

Dazu wird bemerkt, daß das, was hier über die balneotherapeutische Bedeutung der Radioaktivität von Badgastein ausgesagt wird, auch für die anderen natürlichen Radiumbäder gelten dürfte.